



우리 국민의 나트륨 및 칼륨 섭취량 평가: 식품별 영양성분 함량 DB와 한국형 총 식이조사 기반 추정량 비교 연구

이지연¹⁾ · 권성옥²⁾ · 이수현³⁾ · 서민정⁴⁾ · 이계호⁵⁾ · 김초일^{6)†}

¹⁾한국보건산업진흥원 보건산업정책연구센터, 수석연구원, ²⁾서울대학교 생활과학연구소, 연구부교수, ³⁾공주대학교 의료정보학과, 교수, ⁴⁾한국분석기술연구소, 분석팀장, ⁵⁾한국분석기술연구소, 대표이사, ⁶⁾서울대학교 생활과학대학 식품영양학과, 객원교수

Dietary sodium and potassium intake of Koreans estimated using 2 different sources of their contents in foods, Food & Nutrient Database and the Korean Total Diet Study : a comparative study

Jee Yeon Lee¹⁾, Sung Ok Kwon²⁾, Soo Hyun Lee³⁾, Min Jeong Seo⁴⁾, Gae Ho Lee⁵⁾, Cho-il Kim^{6)†}

¹⁾Chief researcher, Center for Health Industry Policy, Korea Health Industry Development Institute, Cheongju, Korea

²⁾Research Associate Professor, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea

³⁾Professor, Department of Medical Record and Health Information Management, Kongju National University, Kongju, Korea

⁴⁾Team leader, Korea Research Institute of Analytical Technology, Daejeon, Korea

⁵⁾CEO, Korea Research Institute of Analytical Technology, Daejeon, Korea

⁶⁾Visiting Professor, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

†Corresponding author

Cho-il Kim
Department of Food and Nutrition,
Seoul National University, 1
Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul
08826, Korea

Tel: +82-2-880-9098
Fax: +82-2-884-0305
E-mail: kimchoil@snu.ac.kr

Received: June 8, 2023
Revised: June 16, 2023
Accepted: June 23, 2023

ABSTRACT

Objectives: Based on the results from the Korean Total Diet Study (KTDS), the sodium (Na) and potassium (K) intake of Koreans were estimated and compared with intake estimates from the Food & Nutrient Database (FNDB), as in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) to verify the validity of these estimates.

Methods: One hundred and thirty-four representative foods (RFs) covering 92.5% of the total food intake of Koreans were selected, and 228 pairs of corresponding 'RF x representative cooking method' were derived by reflecting the methods used mainly in terms of frequency and quantity in their cooking. RF samples were collected from three cities with a larger population size in three regions (nine cities) nationwide, and six composite samples were made for each RF, considering its regional and/or seasonal characteristics. One thousand three hundred and sixty-eight 'RF x representative cooking method' pair samples were prepared, and the Na and K contents were assessed using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-MS). The Na and K intake of the Korean population was estimated by linking the content with the food intake data from the 7th KNHANES.

Results: The mean Na and K intake of Koreans were 2,807.4 mg and 2,335.0 mg per person per day, respectively. A comparison with the Na and K intake from KNHANES, including only RFs of KTDS, showed comparable results with less than 5% variation. While the contribution and ranking of food items to Na intake were similar between KNHANES and KTDS, there were differences in K intake. This was attributed to the large discrepancies in the K content of rice and coffee between KTDS results and the values in the 9th Revision of the National Food Composition Table used in KNHANES.

Conclusions: The Na and K intake of Koreans estimated based on the KTDS, which performed nutrient analysis on samples prepared to a 'table-ready' state using foods of the representative collection, was similar and comparable with that of KNHANES. This supports the validity and usefulness of FNDB-based nutrient intake estimation at the population level. The list of nutrients studied in KTDS is expected to be expanded, allowing for intake estimation of nutrients with currently insufficient or absent information in the FNDBs in use.

KEYWORDS sodium, potassium, intake estimation, Korean total diet study, food and nutrient database

Introduction

통계청의 2021년 사망원인통계에 따르면 우리 국민의 주요 사망 원인은 암에 이어 심장질환, 폐렴, 뇌혈관계질환 순이며, 고혈압성 질환으로 인한 사망은 10만 명당 12.1명으로 10위인 것으로 나타났다[1]. 심장질환, 뇌혈관계질환 등 순환기계 질환의 주요 위험인자가 고혈압임을 고려할 때 고혈압으로 인한 우리 국민의 사망률이 매우 높음을 유추할 수 있다[2]. 또한 미국과 유럽의 다른 나라들에 비해 한국인을 포함한 아시아인들에서 뇌졸중과 혈압의 상관관계가 더 높은 것으로 나타나[3] 고혈압의 예방과 관리는 우리 국민의 수명 연장과 만성질환 예방의 관건이라고 할 수 있겠다. 그러나 2021년 현재 30세 이상 우리 국민의 고혈압 유병율은 33.2%이고 고혈압 전 단계는 23.9%로 성인의 57% 이상이 고혈압 문제에 직면해 있는 상황이다[4].

한편, 고혈압의 관리는 약물 치료만으로는 한계가 있으며 적극적인 생활습관의 변화가 매우 중요한 전략인 것으로 보고되고 있다. 생활습관 요법 중 식이요법이 고혈압 관리에 가장 뚜렷한 효과가 있으며, 그중 나트륨과 칼륨은 혈압과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다[5]. 나트륨이 칼륨과 함께 체내 정상적인 삼투압 유지와 수분 평형, 산염기의 균형 조절로 혈압에 영향을 미치기 때문이다. 최근 발표된 체계적인 논문 고찰 결과에서 나트륨은 고혈압의 위험을 증가시키고, 칼륨은 고혈압의 위험을 감소시키는 영양소인 것으로 입증되었다[5]. 또한 저나트륨-고칼륨 식이요법의 고혈압 조절 효과에 관한 최신 문헌을 정리한 논문에서 나트륨/칼륨 비를 낮춘 식이요법이 혈압 조절에 효과적이므로 국내 식단에서 이를 적극적으로 적용할 것을 제안하였다[6].

우리 국민의 1인 1일 평균 나트륨 섭취량은 2007-2010년 사이에 4,464 mg에서 4,831 mg까지 꾸준히 증가되었으며 2010년 당시, 한국은 국민의 1인 1일 평균 나트륨 섭취량이 세계에서 가장 높은 나라 중 하나였다[7]. 이에 우리 국민의 과도한 소금 섭취량의 실질적 감소를 위해 범정부 차원에서 나트륨 저감화 환경을 조성하기 위한 방안과 전략이 수립되고 추진되었다. 특히 당시 식품의약품안전처에서는 소비자의 인식과 행동변화를 유도하기 위해 나트륨 섭취 줄이기 소비자 캠페인을 지속적으로 실시하였고, 급식과 외식 업체의 나트륨 저감화 참여를 유도하였으며, 산업체를 독려하여 저나트륨 가공식품 생산을 확대하도록 하였다[8]. 이와 같은 정부, 지자체, 산업계, 학계의 공통적인 노력의 결과로 2020년 우리 국민의 나트륨 섭취량은 3,255 mg으로 2012년 4,550 mg에 비해 약 30% 감소된 것으로 나타났다[4].

이렇게 우리 국민의 나트륨 섭취량을 지속적으로 파악할 수 있는 것은 질병관리청에서 매년 실시하는 국민건강영양조사의 결과가 신속하게 공개되고 있기 때문이다. 국민건강영양조사는 국가 단위의 대표성과 신뢰성을 갖춘 국내 유일한 자료로서 국민의 건강수준, 건강행태, 식품 및 영양섭취 실태에 대한 통계를 산출한다[9]. 영양소 섭취량의 경우 우리 국민의 식품 섭취실태를 조사한 후 정기적으로 업데이트되는 국가표준식품성분표[10-12]의 영양소 함량 자료를 이용하여 평가하고 있다. 따라서 매년 우리 국민의 영양소 섭취량을 추정하기 위해서는 시의성 있는 식품 중 영양소 함량 데이터베이스가 확보되어야 하며, 특히 나트륨과 같이 그 섭취량에 대한 가공식품의 기여도가 높은 영양소의 경우에는 더욱 최신의 함량 데이터베이스 확보가 필요 불가결하다고 할 수 있다.

우리나라 식품의약품안전처에서는 2018년부터 2022년까지 제1차 한국형 총식이조사(KTDS, Korean Total Diet Study)를 수행하였고 2023년 현재 제2차 한국형 총식이조사에 착수했으며, 국민이 일상적으로 많이 또는 자주 섭취하는 식품을 선정하여 섭취 직전의 상태로 조리한 후 여기에 함유되어 있는 유해물질과 영양성분 함량을 분석하여 노출량(또는 섭취량)을 추정하고 있다[13]. KTDS에서는 유해물질 뿐만 아니라 연도별로 각기 다른 영양성분을 선정해 분석해 왔으며, 최근 KTDS에 근거한 우리 국민의 요오드와 철 섭취량 추정 결과가 발표된 바 있다[14-15]. 또한 KTDS 시료에 대한 나트륨과 칼륨 등 다른 영양소의 함량도 확보되어 우리 국민의 섭취량 추정이 가능해졌다.

이에 본 연구에서는 우리 국민이 섭취하는 식품의 상태를 반영해 조리된 식품 시료를 분석한 KTDS 결과에 근거하여 우리 국민의 나트륨과 칼륨 섭취량을 추정하고, 이를 국가표준식품성분표의 식품 중 영양소 함량을 활용해 추정한 국민건강영양조사 영양조사부문의 영양소 섭취량과 비교하고 검증하고자 하였다.

Methods

Ethics statement

This study was conducted after receiving exemption approval from the Institutional Review Board for Bioethics at Kongju National University (Approval Number: KNU_IRB_2022_005).

1. 총식이조사의 절차 및 방법

총식이조사의 절차 및 방법은 이전 연구 [14-15]와 동일하게 수행되었다.

1) 대표 식품 및 조리법 선정

대표식품 및 조리법 선정을 위해 2013-2017년 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취량 조사 원시자료를 통합하여 34,800명(국민의 0.07%)의 섭취량 자료 데이터셋을 구축하였다. 식품별 평균 섭취량과 섭취 빈도를 3차 식품코드로 산출하고, 총 식품섭취량에 대한 누적 기여율 90%까지 포함되는 식품을 대표 식품으로 우선 선정하였다. 그리고 섭취량에 대한 기여도는 높지 않지만 우리 국민의 섭취빈도가 상대적으로 높은 소금, 분말조미료, 참기름 등 양념류의 식품을 대표 식품으로 추가하였다. 최종 선정된 대표 식품은 134종이었으며, 우리 국민의 총 식품 섭취량의 92.5%를 포괄하는 수준이었다.

식품별 대표조리법을 선정하기 위해 상기한 국민건강영양조사 통합 자료에서 대표 식품이 단독으로 섭취된 경우와 재료로 사용된 음식을 모두 추출하고 음식명에 근거해서 해당 조리법을 매칭 하였다. 예를 들어, 시금치의 경우에는 ‘시금치나물’, ‘시금치된장국’ 등의 음식이 추출되었으며, 이에 따라 시금치 조리법으로 각각 ‘데치기’, ‘끓이기’를 매칭 시켰다. 한국인이 주로 섭취하는 음식의 형태가 반영되도록 하기 위해 대표 식품이 재료로 사용된 음식 중 섭취량이 많은 경우와 자주 사용된 조리법을 대표조리법으로 선정하였고, 영양소 함량 분석용 시료 조제를 위해 이들을 연계한 최종 ‘대표 식품 × 대표 조리법’으로 228 pairs가 확정되었다.

2) 시료 수집 및 조제

전국을 서울·경기권, 전라·충청권, 강원·경상권 등 총 3개의 권역으로 구분하고 권역별로 인구 규모가 큰 3개의 도시를 선정해 [16] 총 9개의 도시(서울, 수원, 인천, 부산, 대구, 울산, 대전, 청주, 광주)에서 대표 식품 수집을 실시하였다. 대표 식품의 계절성 여부를 고려하여 2019년 4-11월에 식품을 수집하였으며, 수집된 식품 별로 총 6개의 composite을 구성하였다. 즉, 햇마늘과 묵은 마늘, 여름배추와 겨울배추 등 계절에 따라 특성이 달라지는 식품들은 2회 수집하고 계절성이 없거나 특정 계절에만 유통되는 식품은 1회 수집하였다. 1년에 2회 수집인 경우, 권역별로 pooling 하여 6개 composite 시료를 확보하였고, 1회 수집인 경우, 인구 규모를 고려하여 서울, 수원, 인천, 부산 지역은 각각의 시료를 조제하고 대구와 울산, 대전과 청주 및 광주의 시료를 pooling 하여 6개의 composite 시료를 확보하였다. 식품 별로 선정된 대표조리법으로 6개의 composite 시료를 조리해 나트륨 및 칼륨 함량 분석을 위한 총 1,368건의 분석용 시료를 조제하였다. 영양소 함량 분석을 위해 조제된 시료를 균질화하여 폴리프로필렌 재질의 시료 통에 나눠 담은 후 냉동·밀봉된 상태에서 대전 소재 한국분석기술연구소로 배송하였다.

2. 영양 성분 분석

식품 시료 중 나트륨 및 칼륨 함량 분석 전에 분석법을 확립하고 신뢰도를 평가하였다. 다양한 조리 후 변화된 식품 시료의 수분 및 지방 함량에 따라 4개의 대표 매트릭스를 선정하였고, 해당 매트릭스별로 시료의 무게를 달리하여 마이크로웨이브로 전처리한 후 ICP-MS(icapQ, Thermo, Waltham, MA, USA)로 분석하였다 [17]. 분석법 검증은 위해 검량선과 검출한계를 도출하고 내·외부 품질관리를 실시하였다. 검량선은 상관계수가 0.99 이상이었으며 검출한계는 0.4 mg/kg 이었고, 내부 품질관리를 위해 인증표준물질의 회수율을 확인한 결과 Codex 기준에 적합하였다. 또한, FAPAS (Food Analysis Performance Assessment Scheme) 외부 숙련도 시험에 참여하여 z-score 2 이하의 ‘만족’ 결과를 얻었다.

3. 나트륨 및 칼륨 섭취량 추정

우리국민의 나트륨 및 칼륨 섭취량 추정을 위해 제7기 (2016-2018년) 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 원시자료를 이용하였다. KTDS의 1인 1일 영양소 섭취량은 개인별 식품섭취량 자료에 대표 식품별 조리법별로 구분된 시료 (대표 식품 × 대표 조리법)의 나트륨 및 칼륨 함량을 적용하여 추정하였고 이를, 국민건강영양조사 영양조사부문의 식품섭취조사 raw data에서 KTDS에 대표 식품으로 포함된 식품들의 섭취량에 따른 나트륨과 칼륨 섭취량 자료만을 활용하여 추정한 1인 1일 나트륨 및 칼륨 섭취량과 비교하였다.

우리 국민의 과잉 섭취가 문제 시 되는 나트륨의 경우, 적정 섭취 인구 비율을 산출하였으며, KTDS에 포함된 대표 식품의 섭취량이 총 식품 섭취량의 92.5%를 포괄하는 것을 고려하여 개인별로 추정된 나트륨 섭취량에 그 역수 ($100/92.5 = 1.08$)를 곱하여 평균 1인 1일 섭취량을 추정한 후, 2015년 한국인 영양소 섭취기준 [18]의 목표섭취량에 근거하여 9세 이상 우리 국민 중 나트륨 섭취량이 2,000 mg/일 이하인 경우의 비율을 적정 섭취 인구 비율로 평가하였다. 최근 개정된 2020년 한국인의 영양소 섭취기준에서는 성인의 만성질환 위험감소를 위한 나트륨 섭취 기준이 2,300 mg으로 설정됐으나 [12] 본 연구에서 활용한 식품 섭취량 자료의 조사 시점이 2016-2018년이었으므로 기존의 기준을 적용하였다.

모든 통계분석에는 국민건강영양조사의 연도별 통합가중치와 분산추정층, 집락추출을 고려하였으며 SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하였다.

Results

1. KTDS 분석 시료 중 나트륨 및 칼륨 함량

KTDS의 대표 식품 134종에 식품별 대표 조리법을 반영하여 선정한 ‘대표 식품 × 대표 조리법’ 228종에 대해 계절과 식품 수집 지역을 고려해 구성된 각 6건의 composite을 조리해 마련한 총 1,368건의 시료를 분석한 결과 모든 식품에서 나트륨과 칼륨이 검출되었다 (Table 1). 식품군 별로 보면, 나트륨의 경우 소금이 포함된 조미료류에서 평균 4,991.5 mg/100 g으로 가장 함량이 높았으며 그 다음 해조류 (1,719.1 mg/100 g)였고, 칼륨의 경우에는 해조류 (903.4 mg/100 g), 조미료류 (336.6 mg/100 g)의 순으로 평균 함량이 높았다.

Table 1. Sodium and potassium content¹⁾ in foods by food group

| Food group | No. of foods | No. of samples | Na (mg/100 g) | | K (mg/100 g) | |
|---------------------------|--------------|----------------|---------------|---------|--------------|-------|
| | | | Mean | SD | Mean | SD |
| 1 Grains and cereals | 18 | 144 | 208.7 | 249.7 | 126.9 | 61.3 |
| 2 Potatoes and starches | 3 | 36 | 66.8 | 135.6 | 306.0 | 229.4 |
| 3 Sugars and sweeteners | 2 | 30 | 2.3 | 1.6 | 20.1 | 20.8 |
| 4 Pulses | 3 | 24 | 22.4 | 28.9 | 425.8 | 523.6 |
| 5 Nuts and seeds | 2 | 18 | 4.2 | 0.6 | 402.2 | 17.8 |
| 6 Vegetables | 30 | 312 | 126.5 | 223.1 | 223.4 | 115.1 |
| 7 Mushrooms | 3 | 42 | 4.3 | 1.4 | 264.1 | 32.5 |
| 8 Fruits | 12 | 72 | 1.2 | 1.0 | 158.4 | 58.5 |
| 9 Meats | 8 | 132 | 319.1 | 251.8 | 220.1 | 64.5 |
| 10 Eggs | 1 | 18 | 147.5 | 8.7 | 137.8 | 4.4 |
| 11 Fishes | 13 | 186 | 417.9 | 474.1 | 257.5 | 185.5 |
| 12 Seaweeds | 2 | 24 | 1,719.1 | 905.7 | 1,069.1 | 903.4 |
| 13 Milk and milk products | 6 | 42 | 210.4 | 298.6 | 109.1 | 35.1 |
| 14 Oils and fats | 4 | 42 | 5.0 | 11.1 | 178.2 | 431.6 |
| 15 Beverages and alcohols | 14 | 84 | 14.7 | 24.9 | 193.4 | 657.1 |
| 16 Seasonings | 11 | 138 | 4,991.5 | 9,184.2 | 663.6 | 671.3 |
| 17 Prepared foods | 2 | 24 | 362.4 | 44.0 | 226.3 | 39.6 |
| Total | 134 | 1,368 | | | | |

1) The results are based on the nutrient content of food samples processed in the Korean Total Diet Study. Na, sodium; K, potassium

2. 우리 국민의 나트륨 및 칼륨 섭취 수준

KTDS에서 분석된 영양소 함량(이하 A)을 개인 식품 섭취량에 적용하여 영양소 섭취량을 추정한 결과와 국민건강영양조사 영양조사부문 결과처리에 사용하는 식품별 영양성분 데이터베이스의 값(이하 B)을 적용해 섭취량을 추정한 결과는 Table 2와 같다. KTDS에서 선정된 대표식품과 동일한 식품만을 대상으로 하여 A와 B를 적용해 추정된 섭취량을 비교한 결과, 나트륨과 칼륨의 1인 1일 평균 섭취량은 크게 다르지 않아 5% 미만의 차이를 보였다. A에 기반한 나트륨 적정 섭취자는 9세 이상 대상자 19,052명 중 6,341명으로 33.3%였으며, 섭취량의 목표섭취량에 대한 비율의 평균은 149.4%였다.

Table 2. Comparison of daily sodium and potassium intake estimated by 2 methods: KTDS and Food & Nutrient Database from KNHANES

| Nutrient | Estimated daily intake (mg/person/day) ¹⁾ | | | | | |
|----------|--|------|----------|---------|------|----------|
| | KTDS | | | KNHANES | | |
| | Mean | SE | Max | Mean | SE | Max |
| Na | 2,807.4 | 20.2 | 41,562.0 | 2,940.8 | 20.6 | 41,108.1 |
| K | 2,335.0 | 13.6 | 25,015.7 | 2,434.0 | 13.9 | 23,355.0 |

1) Dietary intakes of sodium & potassium were estimated based on the representative foods intake accounting for 92.5% of total food intake.

KTDS, Korean Total Diet Study; KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey; Na, sodium; K, potassium

3. 우리 국민의 나트륨 및 칼륨 섭취량에 대한 주요 급원 식품군/식품

A와 B로 추정된 우리 국민의 나트륨과 칼륨 섭취량에 기여하는 급원 식품군 별 기여도는 Fig. 1과 Fig. 2에 제시된 바와 같다.

나트륨 섭취량에 기여도가 가장 높은 식품군은 조미료류였으며, 채소류, 곡류, 육류 순으로 높게 나타났다(Fig. 1). 한편 식품 차원에서 나트륨 섭취량에 대한 기여도가 높은 상위 10종의 식품에 의한 기여율은 2가지 방법 모두에서 약 70% 수준이었고, 10종 중 8종(소금, 김치, 간장, 된장, 라면, 고추장, 빵, 찜장)의 식품이 동일하였다(Table 3).

칼륨 섭취량에 기여한 식품군의 순서는 A와 B로 추정된 결과가 서로 달랐다. 채소류의 기여도가 가장 높은 것은 동일했으나 그 다음 순서는 A로 추정된 경우 육류, 음료 및 주류, 과일류, 곡류 순이었고, B의 경우 곡류, 육류, 과일류 순으로 나타났다(Fig. 2). 식품 차원의 비교에서도 A로 추정된 섭취량에서는 커피의 기여도가 9.3%로 가장 높았고, 그 다음으로 배추김치 9.1%, 돼지고기 5.2%, 우유 4.6% 등의 순이었다. B로 추정된 결과에서는 백미 9.9% (241.8 mg), 돼지고기 5.3% (128.7 mg), 커피 5.1% (124.5 mg), 배추김치 5.1% (124.4 mg)로 나타나 A로 추정된 백미(76.7 mg)나 커피(217.8 mg)의 기여량과 크게 달랐다(Table 4).

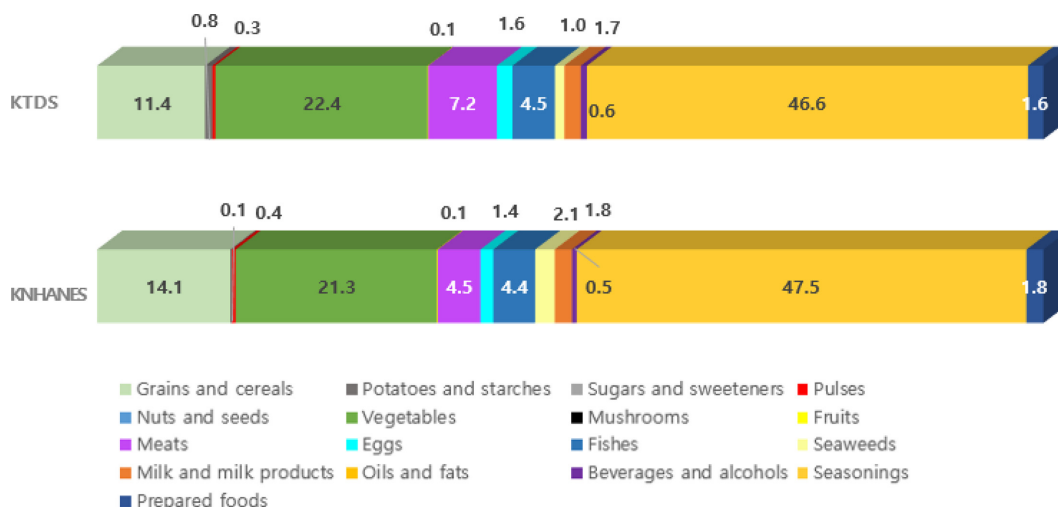


Fig. 1. Percentage contribution to sodium intake by food group: KTDS and KNHANES. KTDS, Korean Total Diet Study; KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey

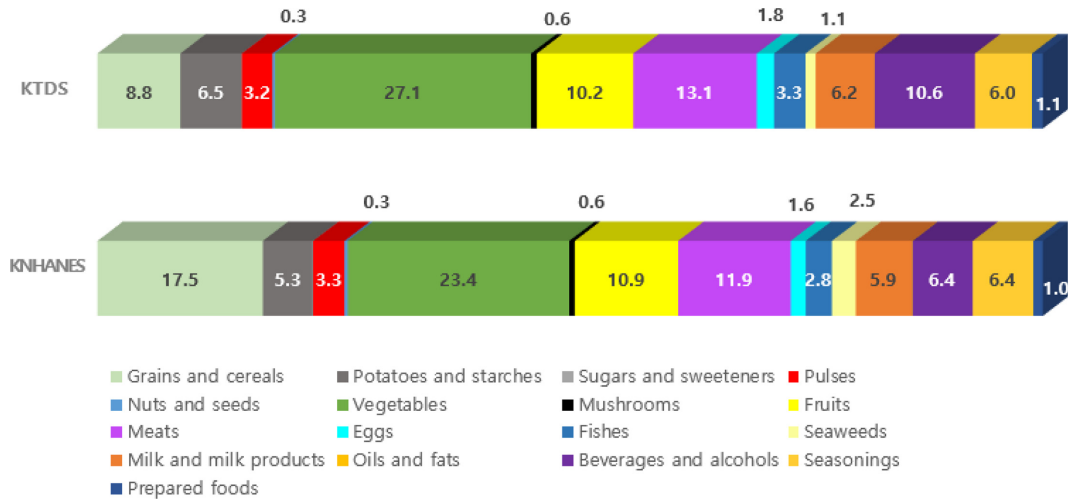


Fig. 2. Percentage contribution to potassium intake by food group: KTDS and KNHANES. KTDS, Korean Total Diet Study; KNHANES Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Table 3. Top 10 sources of sodium (Na) intake at food item level: KTDS and KNHANES

| Rank | KTDS | | | | KNHANES | | | |
|------|---|------------------------|------------------|-----------------------|---|------------------------|------------------|-----------------------|
| | Food ¹⁾ | Sodium intake (mg/day) | Contribution (%) | Cumulative intake (%) | Food ¹⁾ | Sodium intake (mg/day) | Contribution (%) | Cumulative intake (%) |
| 1 | Salt | 599.8 | 21.4 | 21.4 | Salt | 618.4 | 21.0 | 21.0 |
| 2 | Kimchi, Chinese cabbage | 389.2 | 13.9 | 35.2 | Kimchi, Chinese cabbage | 396.2 | 13.5 | 34.5 |
| 3 | Soy sauce | 322.7 | 11.5 | 46.7 | Soy sauce | 319.1 | 10.9 | 45.3 |
| 4 | Fermented soybean paste | 162.3 | 5.8 | 52.5 | Fermented soybean paste | 177.2 | 6.0 | 51.4 |
| 5 | Instant noodles, Ramyeon | 150.9 | 5.4 | 57.9 | Fermented red pepper paste | 134.6 | 4.6 | 56.0 |
| 6 | Fermented red pepper paste | 102.4 | 3.6 | 61.5 | Instant noodles, Ramyeon | 124.8 | 4.2 | 60.2 |
| 7 | Chicken | 86.4 | 3.1 | 64.6 | Noodles | 106.9 | 3.6 | 63.8 |
| 8 | Breads, rolls, buns and others | 65.2 | 2.3 | 66.9 | Breads, rolls, buns and others | 67.6 | 2.3 | 66.1 |
| 9 | Egg | 46.1 | 1.6 | 68.6 | Seasoning powder | 60.4 | 2.1 | 68.2 |
| 10 | Fermented soybean paste mixed with red pepper paste | 46.1 | 1.6 | 70.2 | Fermented soybean paste mixed with red pepper paste | 53.6 | 1.8 | 70.0 |

1) Foods were selected at the tertiary food code level. KTDS, Korean Total Diet Study; KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Table 4. Top 10 sources of potassium (K) intake at food item level: KTDS and KNHANES

| Rank | KTDS | | | | KNHANES | | | |
|------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|
| | Food ¹⁾ | Potassium intake (mg/day) | Contribution (%) | Cumulative intake (%) | Food ¹⁾ | Potassium intake (mg/day) | Contribution (%) | Cumulative intake (%) |
| 1 | Coffee | 217.8 | 9.3 | 9.3 | White rice | 241.8 | 9.9 | 9.9 |
| 2 | Kimchi, Chinese cabbage | 212.2 | 9.1 | 18.4 | Pork | 128.7 | 5.3 | 15.2 |
| 3 | Pork | 122.1 | 5.2 | 23.6 | Coffee | 124.5 | 5.1 | 20.3 |
| 4 | Milk | 108.0 | 4.6 | 28.3 | Kimchi, Chinese cabbage | 124.4 | 5.1 | 25.5 |
| 5 | Potato | 92.6 | 4.0 | 32.2 | Milk | 99.9 | 4.1 | 29.6 |
| 6 | Chicken | 85.4 | 3.7 | 35.9 | Chicken | 73.5 | 3.0 | 32.6 |
| 7 | White rice | 76.7 | 3.3 | 39.2 | Potato | 66.4 | 2.7 | 35.3 |
| 8 | Beef | 71.0 | 3.0 | 42.2 | Sweet potato | 62.2 | 2.6 | 37.9 |
| 9 | Sweet potato | 58.5 | 2.5 | 44.7 | Beef | 56.6 | 2.3 | 40.2 |
| 10 | Apple | 49.4 | 2.1 | 46.8 | Apple | 53.0 | 2.2 | 42.4 |

1) Foods were selected at the tertiary food code level. KTDS, Korean Total Diet Study; KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Table 5. Comparison of dietary sodium and potassium intake estimated in Total Diet Studies in some countries

| Country | Estimated daily intake (mg/person/day) | | Reference |
|----------------------|--|-------------|--|
| | Na | K | |
| Korea ¹⁾ | 2,807 | 2,335 | This study |
| Hong Kong | 2,600 | 1,900 | The 1 st Hong Kong TDS: Minerals, 2014 [22] |
| Brazil ²⁾ | 1,928 | 861 | Avegliano <i>et al.</i> , 2011 [21] |
| Iran | 2,846 | N/A | Babaali <i>et al.</i> , 2020 [23] |
| New Zealand | 2,150-3,603 | N/A | Thomson <i>et al.</i> , 2008 [24] |
| Australia | N/A | 2,960-4,440 | The 23 rd ATDS, 2011 [27] |
| France | 2,653 | 2,854 | The 2 nd French TDS, 2011 [25] |
| USA | 2,739 | 2,683 | Egan <i>et al.</i> , 2002 [26] |
| Italy | 3,812 | 2,913 | Lombardi-Boccia <i>et al.</i> , 2003 [20] |

1) Dietary intake of nutrient was estimated based on the representative food intake accounting for 92.5% of total food intake.

2) Dietary intake of nutrient was estimated based on the representative food intake accounting for 72.0% of total food intake.

Na, sodium; K, potassium; N/A, not available

Discussion

본 연구에서 식품 별로 그대로, 끓이기, 볶기 등 한국인이 주로 섭취하는 음식의 조리법을 반영한 대표 조리법을 적용하여 조제한 시료를 분석한 결과, 조리법에 따른 식품 중 나트륨과 칼륨 함량 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 한국형 TDS의 특성 상 대표 식품이 3차 식품코드 수준에서 선정되었고, 이에 상응하는 1차 식품코드 수준의 다양한 식품들이 통합되어 조리된 상태의 시료에 대해 유해물질이나 영양소 함량을 분석하기 때문에 대표 식품별 영양소 함량을 식품성분표의 식품별 영양소 함량과 1:1로 비교하는 것은 불가하다. 그럼에도 불구하고 우리 국민이 실제 식품을 섭취하는 상태가 반영된 KTDS 결과와 주로 식품의 조리 전 원상태에서의 영양소 함량이 수록된 국가표준식품성분표를 적용하여 추정된 영양소 섭취량과의 비교는, 국민건강영양조사 등 국가 차원의 식품섭취량 조사에 활용되는 식품영양성분 DB에 근거한 우리 국민의 영양소 섭취량 추정의 타당성을 더욱 공고히 한다는 측면에서도 큰 의미가 있다고 하겠다.

우리 국민의 나트륨 1인 1일 평균 섭취량은 A로 추정된 경우 2,807.4 mg으로 B를 적용한 섭취량인 2,940.8 mg에 비해 다소 낮았으나 큰 차이는 없었다(Table 2). TDS 기반으로 추정된 제외국의 나트륨 1인 1일 평균 섭취량은 이탈리아에서 3,812 mg으로 가장 높았으며 [20], 대표 식품의 포괄도가 낮았던 브라질 [21]을 제외하면 홍콩 2,600 mg [22], 이란 2,846 mg [23], 뉴질랜드 2,150-3,603 mg [24], 프랑스 2,653 mg [25], 미국 2,739 mg [26]으로 우리나라와 유사하게 WHO에서 제시한 상한 개념의 나트륨 섭취량인 2,000 mg을 초과하는 것으로 나타났다(Table 6).

나트륨의 기여 식품군의 경우 식품군별 섭취량을 제시한 브라질 [21], 홍콩 [22], 이란 [23], 뉴질랜드 [24]의 TDS 결과에서도 우리나라와 동일하게 소금이 포함된 조미료류의 기여율이 가장 높았다. 다음으로 채소류가 나트륨의 주요 기여 식품군이었는데 배추김치, 깍두기 등의 김치류와 단무지 등 절임 채소류의 섭취에 의한 것이었다.

A와 B로 각각 추정된 우리 국민의 나트륨 섭취량에 가장 크게 기여한 식품은 두 방법 모두 소금이었고, 김치, 간장, 된장, 고추장, 라면 등이 상위 기여 식품이었다(Table 3). 기여도 상위 식품 10종 중 5-6종이 조미료류라는 점에서도 나트륨 섭취량을 줄이기 위해서는 무엇보다 음식을 좀 더 싱겁게 먹도록 하는 소비자의 식습관 변화가 중요하며, 이와 더불어 산업체에서의 다양한 저나트륨 제품 생산도 필요할 것으로 사료된다. 지난 10년 간 우리 국민의 평균 나트륨 섭취량이 30% 이상 감소된 것도 나트륨 저감화 캠페인, 국민 인식 제고, 저 나트륨 제품 개발 지원 등 국가 차원에서의 정책적 노력이 있었던 덕분이라고 하겠다 [8]. 대표적으로 배추김치의 경우 나트륨 함량이 2010년 이전의 식품성분표(제7 개정판)에서는 1,146 mg/100 g으로 수록되었으나 [10] (제 8 개정판과 제9 개정판에 수록된 배추김치 중 나트륨 함량은 232 mg/100 g [11, 12]), 국민건강영양조사 영양조사부문에서 활용하는 DB에 수록된 배추김치의 나트륨 함량은 624 mg/100 g으로서 공개된 식품성분표 자료와 많이 다르지만, 최근 공개된 국가표준식품성분표 10개정판 [19]에는 이와 유사한 593 mg/100 g으로 수록되어 10 여 년 전에 비해 배추김치의 나트륨 함량이 크게 낮아졌음을 확인할 수 있다.

칼륨의 1인 1일 평균 섭취량은 나트륨의 경우처럼 A로 추정 시 2,335 mg으로 B를 적용한 경우(2,434 mg)보다 약간 낮지만 유사하였다(Table 4). 칼륨은 고구마, 감자, 토마토, 오이, 호박, 가지와 근채류에 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다[18]. A에 의한 결과에서 칼륨 섭취량에 대한 주요 기여 식품군은 채소류였고, 다음으로 육류(13.1%), 음료 및 주류(10.6%), 과일류(10.2%)였으며, 감자 및 전분류는 6.5% 수준이었다(Fig. 2). B에 기반 한 결과에서 식품군별 칼륨 섭취량에 대한 기여 순위는 채소류 다음으로 곡류(17.5%), 육류(11.9%), 과일류(10.9%)로 나타났다. A에서 추정된 것과 유사한 식품군 별 기여 순위가 이탈리아[20]와 홍콩[22]의 TDS 결과에서 보고되었다. 홍콩의 경우에는 총 칼륨의 섭취량 중 채소류에서 22%, 육류에서 17%, 과일류에서 12%, 음료류에서 11%가 유래되는 것으로 나타났다. 이탈리아에서 수행한 TDS에서는 채소류(26%), 육류 및 그 제품(19%)이 칼륨의 주요 급원 식품군이였다. 우리나라에 비해 식품군이 세분화 되어 있는 호주의 경우[27] 우유 및 크림의 기여율이 성·연령에 따라 10-15%로 가장 높았다. 다음으로 감자, 고구마가 포함된 서류 및 전분류[root vegetables (starchy)]로부터의 칼륨 섭취가 7-15%를 차지하여 우리나라에 비해 훨씬 높은 기여율로 보고되었다.

A와 B로 추정된 우리 국민의 칼륨 섭취량에 기여하는 주요 급원 식품에는 차이가 있었다. B에 근거하면 백미의 기여율이 9.9%로 가장 높았으나, A로 추정 시에는 3.3%에 불과하였다(Table 4). 이는 국가표준식품성분표 제 9개정판[12]에 수록된 백미(생것)의 칼륨 함량(170 mg/100 g)이 KTDS에서 백미로 조리한 밥의 칼륨을 분석한 후 희석비를 고려하여 백미 중 함량으로 환산한 결과인 52.5 mg/100 g 대비 3배에 달할 정도로 높았기 때문인 것으로 사료된다. 호주 TDS에서의 백미 중 칼륨 함량은 34.0 mg/100 g으로[27] KTDS 결과에 비해 더 낮았다. 우리나라와 유사한 품종의 백미를 섭취할 것으로 생각되는 일본의 경우 TDS에 기반 한 함량은 아니지만 백미의 칼륨 함량이 88 mg/100 g으로[28] 수록되어 있어 우리나라 국가표준식품성분표 제 9 개정판[12]에 수록된 함량의 절반에 불과했다. 칼륨이 수용성이라는 점에서 조리 중 손실 가능성[29]까지 고려한다면 TDS에서 분석한 함량 값이 더 타당하다고 할 수 있겠다. 최근 발간된 국가표준식품성분표 제 10 개정판[19]에는 백미의 칼륨 함량이 88 mg/100 g으로 수록되어 있어 이를 반영한다면 상기한 차이는 크게 감소될 것이다. 반면 커피의 경우에는 백미와 반대의 양상이었는데 커피 가공 단계에서의 여러 첨가물의 첨가 여부 및 그 수준에 따라 제품마다 차이가 발생할 수 있기 때문인 것으로 추정된다.

따라서 우리 국민이 많이 섭취하는 쌀, 김치, 커피 등 다소비 식품의 경우에는 비타민, 무기질 등의 영양성분 분석 주기를 단축하고 결과를 지속적으로 업데이트해야 하며, 실제 섭취하는 상태로 조리한 시료에 대해 유용성분 함량을 분석하는 한국형 총식이조사에서 대상 영양소를 확대하는 것도 고려할 필요가 있다고 사료된다.

Conclusion

국내에서 유통 중인 식품에 대한 대표성 있는 수집과 그에 대한 대표성 있는 조리법을 반영하여 마련된 실제 섭취되는 상태의 식품 시료에 대한 영양소 함량 분석을 통해 우리 국민의 나트륨과 칼륨 섭취량을 추정한 결과, 국민건강영양조사에서의 식품영양성분 DB 기반의 추정 결과와 유사하였으며 이는 DB 기반의 영양소 섭취량 추정이 유효한 평가라는 방증이라고 판단된다. 그러나 조리나 가공 방법 등에 의해 영양소 함량에 변화가 생기는 식품이나 백미, 김치 등 다소비 식품의 경우에는, 가능한 한 최근 분석된 식품 중 영양소 함량을 반영한다는 측면에서 KTDS에서 구축된 영양소 함량 DB가 유용할 수 있음에 따라 FNDB와 KTDS 결과를 비교·검토하여 국민건강영양조사 결과 산출에 반영하는 것도 고려 가능하다고 사료된다. 다만, 일부 미량 영양소는 특정 식품에 편중되어 있을 가능성이 있으므로 향후 총식이조사에서 다루는 영양소의 종류와 대상식품의 범위가 확대되어 DB가 미흡한 영양소에 대한 우리 국민의 섭취 수준을 평가하는 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

ORCID

Jeeyeon Lee: <https://orcid.org/0000-0002-4017-6508>

Sung Ok Kwon: <https://orcid.org/0000-0003-0527-1427>

Soo Hyun Lee: <https://orcid.org/0000-0003-1863-8371>

Min Jeong Seo: <https://orcid.org/0000-0001-8999-7692>

Gae Ho Lee: <https://orcid.org/0000-0003-1856-4288>

Cho-il Kim: <https://orcid.org/0000-0002-6495-8483>

Conflict of interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

Funding

This study was supported by a grant (20220204691-00, Korean Total diet Study) from the Ministry of Food and Drug Safety in 2018-2022.

Data availability

The authors confirm that the data supporting the findings of this study are available within the article and/or the official report submitted to the Ministry of Food & Drug Safety.

References

1. Statistics Korea, Causes of Death Statistics in 2021 [internet]. Statistics Korea; 2022 [cited 2022 Sep. 27]. Available from: <https://kostat.go.kr/>.
2. Kim HC, Ihm SH, Kim GH, Kim KI, Lee HY, Lee JH *et al*. 2018 Korean Society of Hypertension guidelines for the management of hypertension: part I- epidemiology of hypertension. *Clin Hypertens* 2019; 25(1): 1-24.
3. Larson S, Cho MC, Tsioufis K, Yang E. 2018 Korean Society of Hypertension guidelines for the management of hypertension: A Comparison of American, European, and Korean Blood Pressure Guidelines. *Eur Heart J* 2020; 41(14): 1384-1386.
4. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea Health Statistics 2021: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII-2). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
5. Lee HY, Shin J, Kim GH, Park S, Ihm SH, Kim HC *et al*. 2018 Korean Society of Hypertension guidelines for the management of hypertension: part II- diagnosis and treatment of hypertension. *Clin Hypertens* 2019; 25: 1-24.
6. The Ministry of Health and Welfare. A study on the revision and application of 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans. The Korean Nutrition Society; 2018 Nov. Report No. 11-1352000-002366-01.
7. Lee CH, Shin J. Effect of low sodium and high potassium diet on lowering blood pressure. *J Korean Med Assoc* 2022; 85(6): 368-376.
8. Park HK, Lee Y, Kang BW, Kwon KI, Kim JW, Kwon OS *et al*. Progress on sodium reduction in South Korea. *BMJ Global Health* 2020; 5: e002028.
9. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korean National Health and Nutrition Examination Survey [internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency 2020 [cited 2022 Feb 1]. Available from: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes>.
10. Rural Development Administration, National Rural Resources Development Institute (KR). 7th Revision food composition table. Wanju-gun, Jeollabuk-do: National Rural Resources Development Institute, R.D.A; 2006.
11. Rural Development Administration, National Rural Resources Development Institute (KR). 8th Revision standard food composition table. Wanju-gun, Jeollabuk-do: National Academy of Agricultural Science; 2011.
12. Rural Development Administration, National Rural Resources Development Institute (KR). Korean food composition table (9.3th revision). Wanju-gun, Jeollabuk-do: National Academy of Agricultural Science; 2021.
13. Kim CI, Lee JY, Kwon SO, Yeo YJ. Korean Total Diet Study. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2018.
14. Lee JY, Yeo YJ, Seo MJ, Lee GH, Kim CI. Estimation of dietary iodine intake of Koreans through a Total Diet Study (TDS). *Korean J Community Nutr* 2021; 26(1): 48-55.
15. Lee JY, Kwon S, Seo MJ, Lee GH, Kim CI. Dietary iron intake of Koreans estimated using 2 different sources of iron contents are comparable: Food & Nutrient Database and iron contents of cooked foods in Korean Total Diet Study. *Korean J Community Nutr* 2022; 27(3): 245-253.
16. Korean Statistical Information Service. Population by census [Internet]. 2019 [cited 2020 Mar 2]. Available from: <https://kosis.kr/statHtml/>

- statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B040A3.
17. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety; 2013. p. 55-59.
 18. The Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. 2015 Dietary Reference Intakes for Koreans: Minerals Seoul. Seoul: The Korean Nutrition Society; 2015. p 638-676.
 19. Rural Development Administration, National Rural Resources Development Institute (KR). Korean food composition table (10th revision). Wanju-gun, Jeollabuk-do: National Academy of Agricultural Science; 2022.
 20. Lombardi-Boccia G, Aguzzi A, Cappelloni M, Lullo GD, Lucarini M. Total-diet study: Dietary intakes of macro elements and trace elements in Italy. *Br J Nutr* 2003; 90(6): 1117-1121.
 21. Avegliano RP, Maihara VA, da Silva FF. A Brazilian Total Diet Study: Evaluation of essential elements. *J Food Compos Anal* 2011; 24(7): 1009-1016.
 22. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. The First Hong Kong Total Diet Study: Minerals. Hong Kong: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region; 2014.
 23. Babaali E, Rahmdel S, Berizi E, Akhlaghi M, Gotz F, Mazloomi SM. Dietary intakes of Zinc, Copper, Magnesium, Calcium, Phosphorus, and Sodium by the general adult population aged 20–50 years in Shiraz, Iran: A Total Diet Study Approach. *Nutrients* 2020; 12(11): 3370.
 24. Thomson BM, Vannoort RW, Haslemore RM. Total-diet study: Dietary exposure and trends of exposure to nutrient elements iodine, iron, selenium and sodium from the 2003–4 New Zealand Total Diet Survey. *Br J Nutr* 2008; 99(3): 614-625.
 25. French agency for food, environmental and occupational Health & Safety. Second French Total Diet Study (TDS2) Report1-inorganic contaminants, minerals, persistent organic pollutants, mycotoxins and phytoestrogens. Bialec; 2011 Jun. Report No. 76441.
 26. Egan SK, Tao SS-H, Pennington JAT, Bolger PM. US Food and Drug Administration's Total Diet Study: Intake of nutritional and toxic elements 1991–96. *Food Addit Contam* 2002; 19(2): 103-125.
 27. Food Standards Australia New Zealand. The 23rd Australian Total Diet Study. Wellington: Food Standards Australia New Zealand; 2011.
 28. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Standard tables of food composition in Japan 2015 (Seventh Revised Edition) [internet]. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology; 2015 [cited 2016 Feb 3]. Available from: <http://www.MEXT.go.jp/>.
 29. Kimura M, Itokawa Y. Cooking losses of minerals in foods and its nutritional significance. *J Nutr Sci Vitaminol* 1990; 36: s25-s33.